



TITLE:

海岸地下水の鹽分變化について

AUTHOR(S):

川端, 博

CITATION:

川端, 博. 海岸地下水の鹽分變化について. 地球物理 1951, 9(1): 35-52

ISSUE DATE:

1951-04-15

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/178349>

RIGHT:

海岸地下水の鹽分變化について

川 端 博*

1. 緒 言—研究の目的

別府温泉の海岸に近い温泉について、潮汐の干満による温泉の湧出量、泉温、化學成分等の變化については詳細に研究されてゐる。¹⁾ 温泉の化學成分の對比考察から海より來るものがある事が明かにされ、²⁾ 更に海濱近くに於て化學成分が以前より著しく濃度を増し、諸成分の海水との比から現在の海水が温泉水中に混合してゐるらしい事が明かになつた。³⁾ これは一面温泉水壓の減衰によるものと考へられて、温泉經營の立場から重大な問題として別府市の依頼もあり、地下水學上の立場からは海岸地下水として興味を引く問題なのである。地下の狀況は出來得る限り實際の地下の狀態、即ち地質、地温、地下水の調査等を知る事が第一であるが、施設後の温泉湧出によつて起る現象に對しては地上に於ける諸觀測、實驗による諸資料より推定する他はない。

海岸地下水として注目すべきことの一つは、自然の湧水又は人工的の揚水によつて淡水の下層に浸入してゐる海水が混入湧出する事で、このため鹽分の増加を來すと云ふ事である。これは實は逆に鹽分の増加によつて、海水の存在を推定するわけである。別府の海岸に近い温泉が海水と接觸してゐる一般海岸地下水として見られるかどうかかゝる實測によつて知られると考へられる。

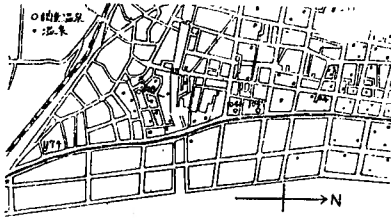
今考へてゐる鹽分變化についても別府に於ては潮汐の干満によつて潮汐、湧出量、泉温と併行的變化は少くて、相反的に變化してゐるのが殆んどで、この爲一見海水の浸入が考へられないのである。故にその説明は地層中の往古の海水海鹽が次第に溶出したと説明されてゐるが、⁴⁾ 説明としては充分でない様に思はれる。伊東の海岸温泉についても黒田博士⁵⁾ は満潮時に地下水が多量に混入する様に考へられてゐるが、地表に自噴し得る水壓をもつた温泉脈中に地表より低い水壓をもつた地下水が混入し得るとは考へ難く、逆に地下水の方に温泉水が漏出する様に考へられて、筆者には納得出來難いのである。

別府温泉については濃い鹽分は海水から由來してゐることが明かにされてゐるので、地

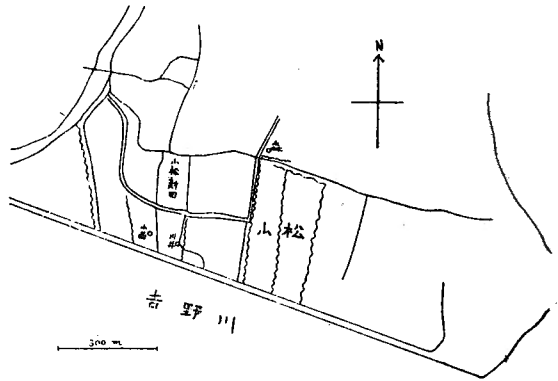
* 京都學藝大學、京都大學員外研究生

下で海水との関係が如何様にあるかの實狀を調査研究し、この對策に資したい。その一つの方法として温泉井を揚水して化學成分の内クロールが如何に變化するかを定めたいのである。〔勿論化學成分の代表としてクロールだけでは不充分で次回は重碳酸根その他をも併行して調査する必要があると思ふ。〕

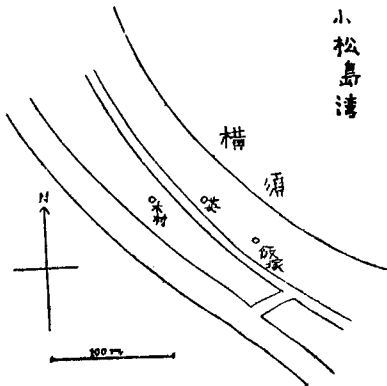
地圖 1 別府市濱協附近の調査温泉分布圖



地圖 2 德島縣板野郡川内村小松附近の調査井の位置



地圖 3 德島縣小松島町横須の調査井位置



之に加へて自噴温泉の潮汐影響をも調査した。猶、比較のためこの研究と併行して温泉でなく、單なる海岸地下水として四國の海岸に於ける冷泉について同様の實驗を行ひ、之と對比した。

(地圖 1, 2, 3 参照)

2. 實 測 方 法

既に報告せられてゐる様に別府温泉の内の自噴しない温泉孔の上端には徑 60cm 位の圓型タンクが 2 m ほどの深さで地下に設置してあつて温泉水は之に貯留せられ、必要時に揚水せられる。これを利用して湧出量と水頭の關係が詳細に研究せられたところである。かゝる施設をもつた温泉孔は鹽分の増加の著るしい海岸地區に多いことは、温泉水壓の弱勢化と海水浸入とに依る必然の結果で、今の研究目的には好都合の位置でもある。水頭と湧出量との關係は前と同様に測定し、更にタンク底部に湧出水の測溫のため熱電對（銅—コンスタンタン）の一端を湧出口直上においた。この溫接點は細く、壁の薄いガラス管に納め、浸水を防ぎ、且つ温泉水と溫接點の接觸をよくするために封蠟を熔入して置いた。

地上の他の一端は測定溫度に近い溫水を滿したデュワー瓶中に納め、こゝは寒暖計 ($\frac{1}{10}^{\circ}\text{C}$ 目盛) にて測溫する。反照檢流計は豫め實驗室にて調整し、約 3 目盛が 1°C に相當し、全幅は $\pm 7^{\circ}\text{C}$ である。

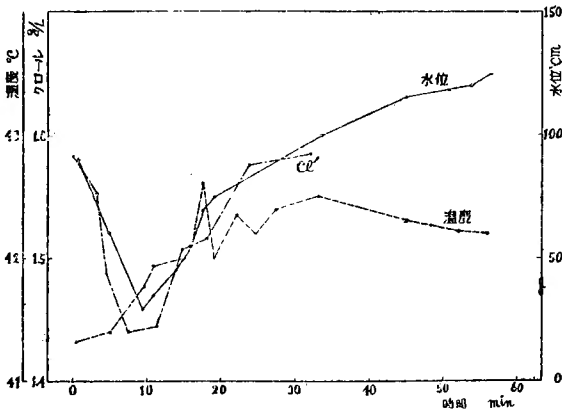
採水には球技用空氣ポンプ (容量約百 cc) の活塞を反對にしたものを湧出口直上に置き適當な時刻に吸入採水した。これらの測溫採水法はタンクに残る餘剰の溫泉水が混らぬやうにしてとるためである。

3. 測 定 結 果

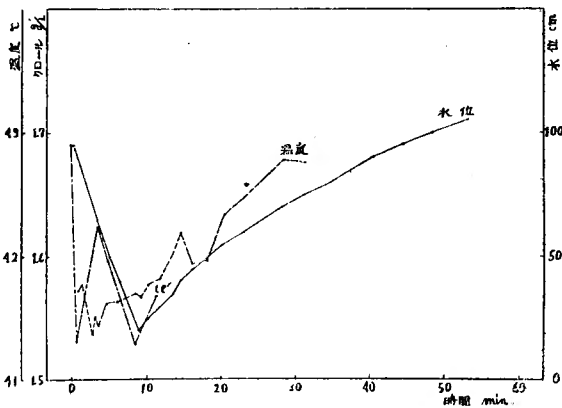
タンク内溫泉水の揚水による水位低下、上昇に伴ふクロール、泉溫の變化の實測は、別府に於て 4 孔、四國に於て 4 孔實驗し、潮汐によるクロール、泉溫の變化は別府 2 孔、四國 2 孔について觀測を行つた。

揚水に伴ふ水位、泉溫、クロールの實測資料は末尾表 I に記し、第 1, 2 圖にグラフで

第 1 圖 (1) 別府溫泉 No. 1045 奈須 1 昭和 35 年 7 月 22 日



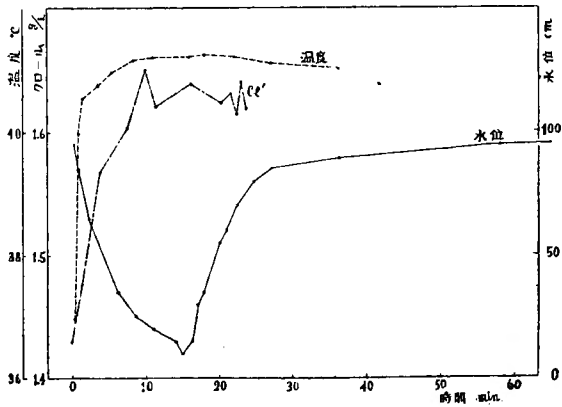
第 1 圖 (2) 別府溫泉 No. 1045 奈須 2 昭和 25 年 7 月 22 日



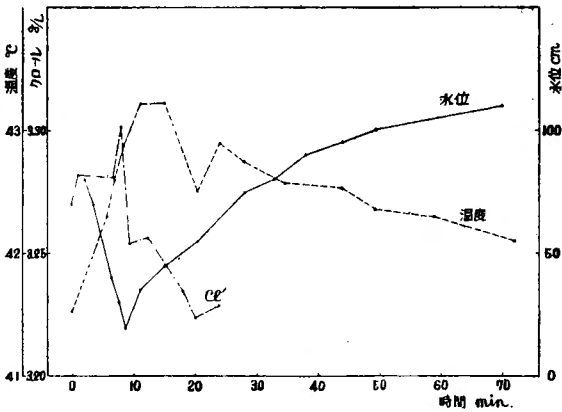
示す。

いずれも三者共に著しい變化を示す。(1)水位の低下に伴つてクロール量は低下し、水位の上昇と共に回復するものは別府溫泉に於て No. 1045 (奈須 1) に於て代表的に示され (2) クロール量が逆に變化する傾向が No. 1149 (泉丈旅館) No. 1174 (都筑商會) で認められる。(3) クロール量變化が水位と明瞭な相關を示さぬものに No. 1045 (奈須 2) がある。湧出量の少 (水位の高い時) なる時は採水時の溫泉水は湧出口下端にあつた時とかなりの時間的ズレがあるから、湧出量と湧出導管の体積より逆算して湧出口下端にあ

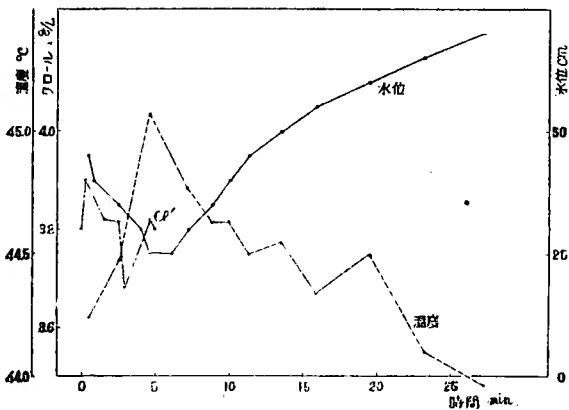
第1圖(3) 別府温泉 No. 1174 都築商會 昭和25年7月23日



第1圖(4) 別府温泉 No. 1149 泉丈旅館 昭和25年7月25日



第1圖(5) 別府温泉 No. 1047 泉丈別荘 昭和25年7月26日



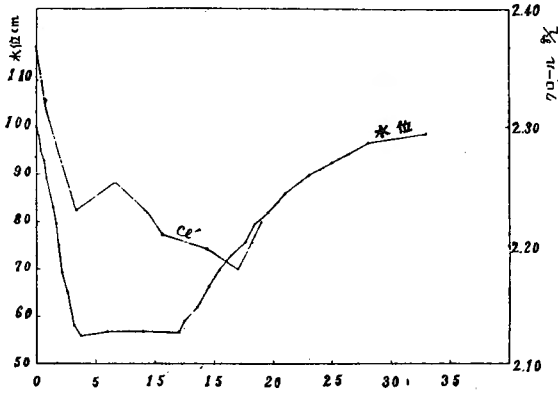
つた時刻にクロール量を對應せしめた。

この諸例によつても水位とクロールの對應はあらゆる場合を含んでゐると云ふ事である。水位低下時は温泉水壓と現在水壓との差が大きいときであつて、潮汐の干満による影響の場合の満潮時にあたる。從來別府温泉に關しては潮汐とクロールは相反性を示すのが殆んどであつたが、今得たデータでは必ずしもさうではない。殊に No. 1045 (奈須) の場合は同一温泉について二回の實驗が異つた結果を示した。

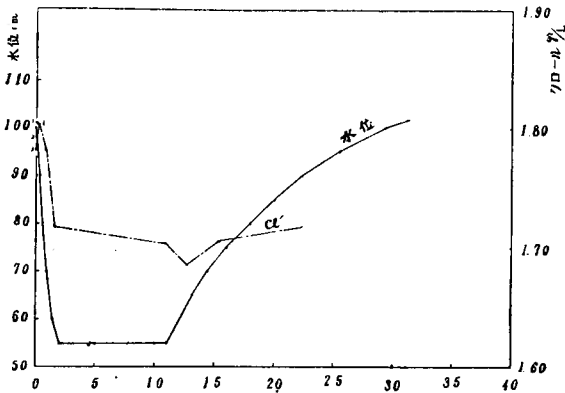
これらと對比のため四國東海岸に於て海水浸入の明かであつた小松島町及び徳島市外川内村小松の海岸堀抜井戸に於て揚水試験を行つた。この地域は地盤沈下による鹽害甚しく速水博士その他により委しく調査研究されたところである。こゝ別府温泉と異なるのは揚水試験等は殆んど行つた事もなく、従つて透水層に於ける淡水鹽水の狀態が長く定常狀態にあつたと思はれることである。又温泉と異り、水

海岸地下水の鹽分變化に就いて

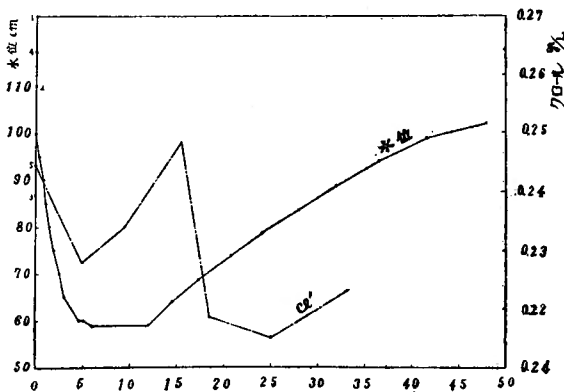
第2圖(1) (小松) 川井内藏氏 掘抜井戸揚水
昭和25年9月10日



第2圖(2) (小松) 小西晋吉氏 掘抜井戸揚水
昭和25年9月10日



第2圖(3) (小松島) 英 隆一氏 掘抜井戸揚水
昭和25年9月14日



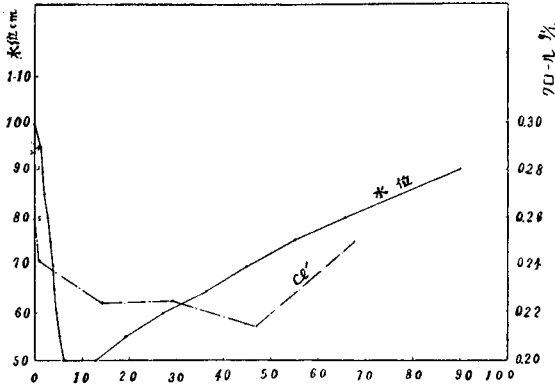
温が氣温に近く變化も著しくないと豫想される。實驗を行つた結果を第2圖に示す。水位～Cl の關係は併行せるものが多い、小松島町の英隆一氏井のみがやゝ複雑であるが、之は別府温泉 No. 1045 (奈須2) と似て居る。兩者の比較より別府温泉の海岸近きものは海岸地下水として全く同じ行動をとるものと見てよい。

別府温泉のクロール増加地域内に會て實測せられた温泉 No. 4 (大和寮)¹⁾がある。これはその後増深せられてクロールも増加してゐる。よつて試みに之について一晝夜の觀測を行つた。以前には相反性を示したのに今回はそれが明かではなく、併行性の傾向さへ見える(第3圖)。更に龜川温泉のクロールの多い地域の海岸温泉について實測を行つたところ、クロールと潮汐はかなりの併行性を示し、これまで別府温泉で觀測せられた結果と著るしい對照をなして居る。殊に泉温變化が潮汐と相反性を示してゐることである。

四國海岸に於ける自噴井の潮

海岸地下水の鹽分變化に就いて

第2圖(4)(小松島) 飯塚昌治氏 掘抜井戸揚水
昭和25年9月15日

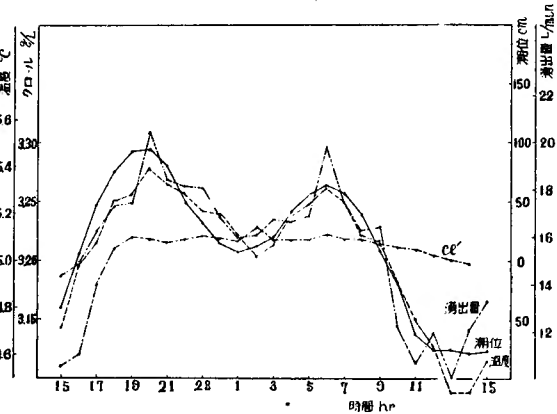
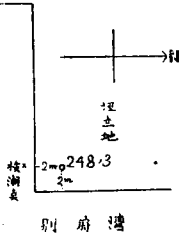


汐によるクロールの變化は第5圖に示す如く潮位と相反的に變化してゐる。

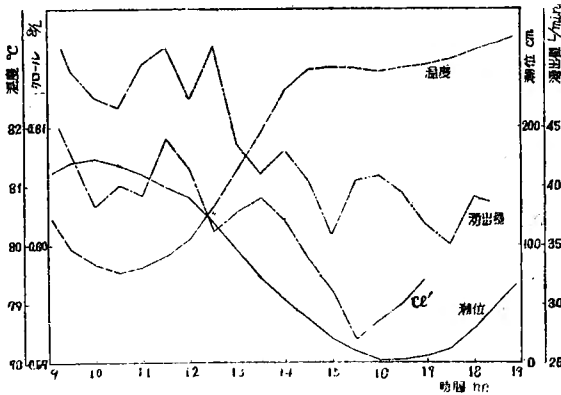
これは海水混合による現象と解すべきであらう。常識的には満潮時に海水の混入が多くなると想像されるのであるが、その反對の場合もあるのである。別府温泉に於ける同じき相反性も温泉特有の化學成分の變動によ

第3圖 別府温泉 No. 4(別府) 大和寮 昭和25年7月26日

地圖4 別府市龜川町
温泉 No. 248ノ3 の
位置



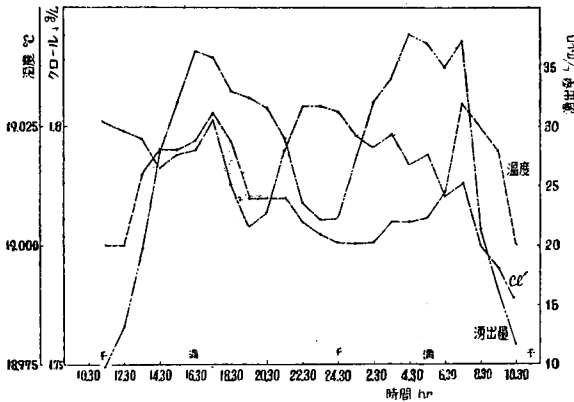
第4圖 別府市龜川温泉 No. 248ノ3 昭和24年8月12日



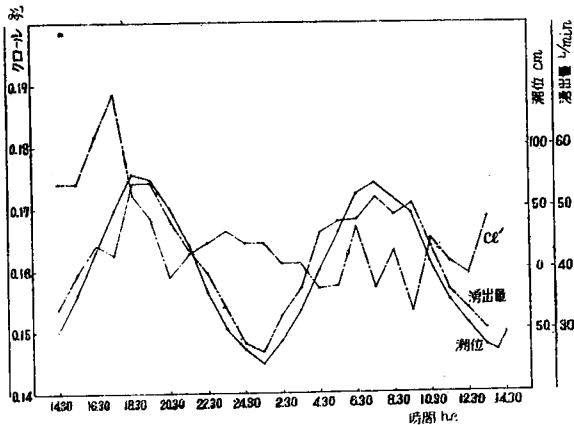
るのではなく、海水の混入による變化と解することは不當ではないであらう。

次に泉温變化は水位低下(湧出量の増大)に伴ひ昇温することは、既に實測されて居る様に導管途中の冷却度の減少に伴ふ結果、湧出温度は上昇する。揚水時、満潮時共に多くの場合昇温してゐる。故にNo. 1047(泉

第5圖(1)(小松) 森 英一氏 宅掘抜井戸
昭和25年9月10日—11日



第5圖(2)(小松島) 木村巧市氏 掘抜井戸
昭和25年9月14日—15日



丈別荘)の水位低下による湧出
温度の降下、龜川 No. 248ノ3
に於ける湧出量増大時(満潮時)
に於ける泉温降下は特異例とみ
ねばならない。龜川 No. 248ノ3
の泉温變化は潮位乃至湧出量と
位相が反對である。かつて一ケ
月觀測から調和分析された結果
を見ると、泉温變化の湧出量と
の位相のおくれは1.5時間が最
大であるが、今の場合は12時間
に近くであり、之を泉温變化が
導管中の冷却だけによるとみる
解釋では説明し難い。湧出量と
クロールの増加が並行であり、
泉温と相反であることは海水の
浸入と云ふ事で解釋する事が出
来る。然らば水位の高い温泉水
に海水が浸入し得る可能性があ
るかどうか。海水面より高い地

面に湧出する温泉水は地面までの温泉水中に壓力が加はつてゐるから、一見遙かに海水壓
より高く海水の浸入は考へられぬやうであるが、その可能性は次の如くに説明出来る。

今同じ深さに於ける海水壓と温泉水壓とを比較するに、

海水鹽分 $S=33.00\text{‰}$ (この温泉所在地の沖合の平均鹽分)

海水密度 (17°Cにて)=1.02524

温泉水 (Cl=1.0 g/Lと見て) $S=1.84\text{‰}$

温泉水密度 (80°Cに於て)=0.97684

従つて兩者の水柱 1 m 毎に

$$1.025 - 0.9768 = 0.0482 \text{ (m)}$$

の純水としての水柱差を示し、溫泉水柱 1 m に付き略これだけ水柱が高くなつて水壓が釣合ふ。依つて今この溫泉の深さ 144m 下に於て海水壓、溫泉水壓が釣合ふためには

$$0.050 \times 144 = 7.20 \text{ (m)}$$

だけ溫泉水頭が高くなければならぬ。實際の溫泉湧出口は海面より 3 米上であるから、溫泉湧出口の下端に於ては當然海水壓の方が大きい。この水壓差で實際に海水の浸入が變化するものとする、満潮の時には壓力差は大きくなり、海水の混入度は大きくなる。従つて又泉溫も低下するのである。クロール量變化が上の事について併せ考へられる。Cl' の變化は今の場合は湧出量に逆行してゐるのは上の考へから海水混入の割合が増大することによつて説明出来る。但し、地層の深いところまで潮汐の干満變化によつて海水の浸入に變動があるか否かは尙考慮の餘地がある。

四國東海岸の冷地下水は深所より來るのであるから當然地表近くの溫度より高い。従つて僅かではあるが、途中冷却も考へられるので試みに Beckmann 寒暖計により測定したる結果は第 5 圖の如く冷却の結果を示す。

4. 調査結果に關する一考察

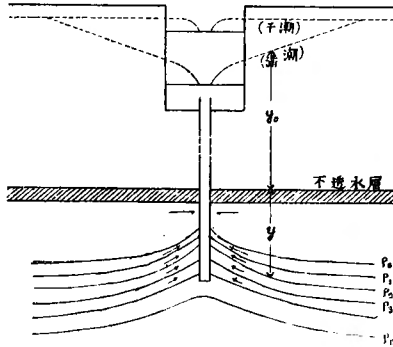
海岸地下水の揚水に伴ふ鹽分變化は今日迄種々なる報告がある。Norderney では揚水量とクロール量の年變化は併行性を示し、⁸⁾ Spring Creek に於ける潮汐とクロール量は相反性を示してゐる。⁹⁾ 之は Brown によれば位相差と見てゐる。又海岸溫泉として別府以外に伊東溫泉について黒田博士によるものは潮汐の干満とクロール量は併行性、相反性いづれもある。¹⁰⁾ 海岸地下水に於て鹽分變化は著しいと云ふことと、その變化狀況は種々なる場合がある事が見られる。これらの説明は未だ充分ではないと思はれるが、筆者は次の如き考察を行つて見た。

海岸地下水の下に鹽分の濃い海水が浸入してゐる場合には Herzberg や野滿博士の述べられてゐるやうな淡水、鹽水が一面の境界で接してゐるものでないことは和蘭の Haalem¹¹⁾ 近くの地下水横斷面、又は弓ヶ濱に於ける地下水縦斷面を見れば明かである。而してこの等密度面は海岸近くに於ては傾斜してゐるけれども試堀の自噴井、又は揚水井の近くに於ける傾きに比しては無視してもよいと思はれる。即ち等密度面は水平面で成層してゐる地下水層に試堀し揚水する場合を考へる。揚水によつて試井の水壓が降下すれば各層の水は水壓勾配によつて導管中に流入する。初めの内はこの鹽水の Coning は甚だしくなく一樣に流入するのに近い。揚水が進んで水位が降下すると井導管附近の等密度面は膨隆が著る

しくなる。この時各部に於ける水壓は第6圖に示す如く試掘孔中心に對稱とし水平面の不透水層（厚さ h ）上面より水頭迄を y_0 とし任意の深さ y に於ける壓力 p は

$$P = \rho_0 y_0 + \int_h^y \rho dy.$$

第6圖 掘抜井戸の揚水に伴ふ等鹽分面の變化（模型的）



故に水壓勾配は

$$\frac{\partial p}{\partial r} = \rho_0 \frac{\partial y_0}{\partial r} + \int_h^y \frac{\partial \rho}{\partial r}$$

で示すことが出来る。等密度面が水平面に近いときは $\frac{\partial \rho}{\partial r} \approx 0$ で壓力勾配は殆んど水頭壓差のみである。然るに井中心に等密度面が膨隆してくると $\frac{\partial \rho}{\partial r} < 0$ で然もその絶対値は次第に大きくなる。遂にある密度面以深で水壓勾配がなくなればそれ以下では水の流動はない。以上の如く密度變化があるときは等密度面の如く流速が一樣でなく、鹽分の濃いところほど小さい流速をもつことになり、水位の高いときよりも低いときの方が導管下底に於ては濃厚部が入りながら結局湧出してくる湧水の鹽分含有量は小さい事も生じる。

下層地下水の鹽分が少いときには $\frac{\partial \rho}{\partial r}$ の絶対値も小さいから下層迄比較的流動が大きい。この時には結局湧出してくる含鹽量は反つて大きくなり得る。この二つの關係によつて如何なる場合をも起り得ることになる。

潮汐の干満による自噴温泉、冷泉の湧出量の變化は潮位に併行して温泉水頭が昇降するものと解釋されて居る。然らばこの温泉水頭近傍に於ての水位變化は満潮の場合は揚水が大で水位の低下が大きい場合であり、干潮の場合は水位の上位の場合に相當する。兩者の比較に於て異と思はれることは揚水變化に際しては等鹽分面上昇は温泉孔近くに限られてゐるが、満潮の場合には等鹽分面が全体として上昇する可能性がある。例へば既に述べた龜川 No. 248ノ3 に於ける資料の如きはこの等鹽分面の昇降によるとも考へられる。

この變動があれば一層複雑になる。將來この方面の研究を行ひたいと考へてゐる。

5. 結 論

- 1) 海岸温泉、地下水は揚水により鹽分變化がかなりあり、之は海水の混入如何によるものと考へられる。
- 2) 揚水に伴ふ鹽分の變化は水位に併行する場合、相反的の場合の外複雑な場合がある。
- 3) 泉溫變化は二例外を知つたが、之は海水の混入で説明される。
- 4) 同じ揚水井もその時々により異なる。
- 5) 鹽分變化は地下透水層に於て温泉水（又は淡水）と海水が接する場合、この域に於ける等鹽分面の傾斜變化により各層の流速が不均一になることより説明を試みた。
- 6) 潮汐の干満に對して Cl' の變化も併行性、相反性の外複雑であるのは揚水の場合と全く同じ説明で可能なることを知る。

この研究をなすに際して瀬野博士の御指導を深謝すると共に別府の研究には理學士吉川恭三氏其他京都大學地球物理教室の學生諸氏、四國の研究には京都學藝大學の松井榮一、福田正衛兩君の援助によつた事を感謝する。

猶この研究は大分縣温泉研究會と文部省科學研究費によつてなされたもので厚く感謝の意を表する。

参 考 文 献

- 1) (a) T. Nomitu and K. Seno, 「The Beppu Hot Spring and the Tide, with the Effect of the Atmospheric Pressure.」 Mem. of the Coll. of Sci. Kyoto Imp. Univ. XXII. No. 6, 1939
- (b) 福富, 「伊豆伊東温泉に就いて」地震第12卷
- (c) 川端, 「別府温泉の潮位による湧出量, 泉溫の相關に就いて」地球物理第8卷第2~4號
- 2) (a) 野滿, 「海岸地下水の研究 (其の一, 海鹽の効果第2報)」日本學術協會報告第10卷第3號
- (b) 野滿, 「海岸地下水の研究 (第3報)」地球物理第4卷第3號別冊
- 3) 瀬野, 「温泉水中の鹽分源としての海鹽」地球物理第7卷第2號
- 4) 小川, 「温泉に就いて」地球第2卷第1號
- 5) K. Kuroda, 「Die Veränderung der chemischen Zusammensetzung der Thermalquellen unter den Einfluss der Gezeiten.」 Bull. of the Chem. Soc. of Japan. Vol. 17 Nos. 8—10
- 6) T. Nomitu and K. Seno, 「The Correlation between the Rate of Discharge & the Pressure Head in the Beppu Hot Springs, I. Stratified Type.」 Mem. Col. Sci. K. I. U. Vol. XXIII (1940)
- 7) 速水, 國司, 田中, 「地盤沈下による海岸地下水の變動と鹽害について」防災研究所報告第3號
- 8) K. Keilhack, 「Lehrbush der Grundwasserund Quellenkunde.」 1917
- 9) J. S. Brown, 「A Study of Coastal Ground Water.」 Water-Supply Paper 537 (1925)

10) 前掲 (5)

11) (a) J. f. Gasbel. u. Wasservers., 44, 815 (1901)

(b) T. Nomitu, 「On the Contact Surface of Fresh and Salt-Water under the Ground near a Sandy Sea-Shore.」 Mem. Col. Sci., K. I. U. Vol. 10, 279 (1927)

12) (a) J. M. K. Pennink, 「Die 'Prise d'eau' der Amsterdamsche duin Waterleiding.」 K. Inst. Ing. Tijdscher 1904

(b) 前掲 (9)

13) 豊原, 「海岸地下水の研究 (鳥取縣弓濱部に於ける調査實驗)」地學雜誌 48, 569

Abstract

On the Variation of the Cl⁻-Content in the Coastal Ground-Water. Hiroshi Kawabata.

There are three types of Cl⁻-content variation with the level changes of ground-water at some wells in the Beppu Hot Springs and the Coast of Shikoku. The amount of Cl⁻-content shows the positive and negative correlation, and complex to the water-level. The relations in the case of the tidal effect are as same.

The phenomena are illustrated as follows. The stratified water of the various densities being coned, the water velocity decreases with the depth according to decreasing pressure gradient, and the Cl⁻-content in the water flowing into the pipe depends on the velocity of each ground-water stratum, and its Cl⁻-content.

第 1 表

湧 出 口	海岸距離	深 サ	タ 深 ン ク サ	タ 直 ン ク 徑	CI' 極大量 變化率	泉 溫
別. No. 1045 奈 須 (1)	170 ^m	127 ^m	200 ^{cm}	67 ^{cm}	1.58 ^{$\frac{g}{L}$} 8.8 %	42.6 ^{C°}
別. No. 1045 奈 須 (2)	170	127	200	67	1.63 0.17	42.2
別. No. 1149 泉丈旅館	225	51	135	64	3.31 1.5	43.2
別. No. 1047 泉丈別荘	170	118	280	65	3.90 7.0	44.9
別. No. 1174 都築商會	130	72	365	55	1.65 16.0	41.2
別. No. 4 大 和 寮	175	100			3.285 6.0	55.1
龜. No. 248ノ3 小 林	2	144			0.620 2.0	83.3
四. 川 井 圓 藏	60	37.8	73.5	57	2.36 7.5	
四. 小 西 吉 吉	60	37.8	105.5	69.5	1.8 6.0	
四. 英 隆 一	35	28.8	180	58	0.249 9.0	
四. 飯 塚 昌 治	35	29.7	168	71	0.29 9.0	
四. 森 英 一	360	38.7			1.805 9.0	19.028
四. 木 村 功	50	39			0.182 16.0	

第2表 揚水試験資料 CI' 中の括弧内の時間は湧出口下端に補正せるもの

別府温泉

昭和25年7月22日

No. 1045 奈須別荘 (1) 開始時間 7時00分

経過 時間	水 位	泉 溫	CI'	経過 時間	水 位	泉 溫	CI'	経過 時間	水 位	泉 溫	CI'
m sec	cm	C°	$\frac{g}{L}$	m sec	cm	C°	$\frac{g}{L}$	m sec	cm	C°	$\frac{g}{L}$
0 0	100	41.34	1.528	650	45			1911	75	42.04	
37	95			734	40			2147	80	42.3	1.506 (15分)
111	90			817	35			2441	85	42.21	
146	85			920	30	41.78	1.547 (3分30秒)	2724	90	42.41	
227	80			1046	35	41.92	1.487 (4分20秒)	3016	95	42.44	1.516 (18分)
258	75			12 6	40	41.95		3326	100	42.52	
336	70			1337	45	41.98	1.449 (7分38秒)	4031	110	42.40	
415	65			1458	50	42.01		4448	115	42.32	1.574 (24分)
453	60	41.39		1550	55	42.12		52 2	120	42.27	
530	55		1.582	1740	70	42.65	1.461 (11分20秒)	57 8	125	42.21	1.582 (32分)

別府溫泉

昭和25年 7 月22日

No. 1405 奈須別莊 (2) 開始時間 9 時17分

經過時間	水位	泉 溫	CI'	經過時間	水位	泉 溫	CI'	經過時間	水位	泉 溫	CI'
m sec	cm	C°	$\frac{K}{L}$	m sec	cm	C°	$\frac{K}{L}$	m sec	cm	C°	$\frac{K}{L}$
0 0	100			515	50	41.45		1616	45	41.94	
23	95			548	45	41.62		1811	50	41.96	1.523 (8分16秒)
51	90	41.73		625	40	41.64	1.532 (25秒)	2022	55	42.34	
125	85	41.79		830	25	41.72		2259	60	42.48	
154	80	41.57		911	20	41.68	1.624 (3分11秒)	2826	70	42.76	1.564 (11分)
225	75	41.39		1012	25	41.76		3115	75	42.96	
252	70	41.56		1146	30	41.81	1.575 (5分45秒)	3414	80		
330	65	41.47	1.685	1330	35	42.02		3717	85		
436	55	41.64		1438	40	42.19					

別府溫泉

昭和25年 7 月23日

No. 1174 都築商會 開始時間 9 時10分

經過時間	水位	泉 溫	CI'	經過時間	水位	泉 溫	CI'	經過時間	水位	泉 溫	CI'
m sec	cm	C°	$\frac{K}{L}$	m sec	cm	C°	$\frac{K}{L}$	m sec	cm	C°	$\frac{K}{L}$
0	100		1.318	621	35	40.94	1.566 (3分50秒)	2008	55	41.22	
16	95	36.97		836	25	41.09		2048	60		
32	90	37.78		1117	20	41.20	1.601 (7分30秒)	2214	70	41.19	1.624 (20分20秒)
50	85	39.94		1354	15	41.23		2440	80	41.13	
110	80	40.27	1.335	1500	10	41.23		2657	85	40.97	1.630 (21分50秒)
130	75	40.57		1614		41.23		3615	88.5	41.06	1.612 (2分210秒)
221	65	40.64		1626	15		1.619 (11分30秒)	5114			1.640 (23分)
258	60		1.427	1652	20	41.23		5814	89.6		1.618 (24分)
332	55	40.72		1715	25	41.23		6500	90		
410	50	40.82	1.475 (1分10秒)	1743	30						
535	40	40.91		1809	35	41.23	1.638 (11分30秒)				

別府温泉

昭和25年 7 月25日

No. 1149 泉丈旅館 開始時間 9 時30分

経過時間	水位	泉温	CI'	経過時間	水位	泉温	CI'	経過時間	水位	泉温	CI'
m sec	cm	C°	$\frac{g}{L}$	m sec	cm	C°	$\frac{g}{L}$	m sec	cm	C°	$\frac{g}{L}$
0	100			1110	38	43.23	3.302	3950	84	42.56	
145	80	41.53	3.199	1508	48	43.20	3.251	4350	89	42.52	3.225
320	60	42.06	3.253	2025	58	42.51	3.253	4845	94	42.33	(21分33秒)
530	40	42.27	3.270	2400	68	42.80	3.232	5850	99	42.35	
650	30	42.64	3.280	2810	69	42.74	(18分)	5955	103	42.12	
830	18	42.88	(1分)	3256	74	42.60	3.211	7240	108		
900		43.00	3.278	3510	79	42.58	(20分20秒)				
			(7分)								

別府温泉

昭和25年 7 月26日

No. 1047 泉丈別荘 開始時間 8 時30分

経過時間	水位	温 泉	CI'	経過時間	水位	泉 温	CI'	経過時間	水位	温 泉	CI'
m sec	cm	C°	$\frac{g}{L}$	m sec	cm	C°	$\frac{g}{L}$	m sec	cm	C°	$\frac{g}{L}$
0	50			601	30	44.90	3.815	1555	60	44.32	3.680
29	45	44.24	3.562	715	35	44.78		1924	65	44.49	(2分50秒)
49	40			838	40	44.62	3.915	2314	70	44.06	3.840
230	35	44.47	3.559	957	45	44.62	(20秒)	2728	72	43.98	(4分24秒)
400	30	44.92	3.618	1132	50	44.52	3.830				3.790
430	25	45.06	3.775	1324	55	44.54	(1分35秒)				(4分59秒)
							3.825				3.815
							(2分50秒)				(4分55秒)

徳島縣板野郡川内村小松

昭和25年 9 月10日

川井園藏宅 開始時間 9 時58分

経過時間	水位	CI'	経過時間	水位	CI'	経過時間	水位	CI'	経過時間	水位	CI'
m sec	cm	$\frac{g}{L}$	m sec	cm	$\frac{g}{L}$	m sec	cm	$\frac{g}{L}$	m sec	cm	$\frac{g}{L}$
0	100	2.360	220	69		1230	59		1930	82	
10	98		250	65		1330	62		2100	86	2.200
20	95		320	58	2.315	1430	66		2300	90	(14分30秒)
30	93		350	56	(30秒)	1530	70		2500	93	2.180
50	89		600	57	2.230	1630	73	2.210	2800	96.5	(17分)
120	83		900	57	(3分30秒)	1730	76	(10分03秒)	3300	98.3	2.220
150	75	2.362	1200	57	2.258	1830	79.5				(19分)
					(6分30秒)						
					2.300						
					(9分30秒)						

德島縣板野郡川内村小松

昭和25年9月10日

小西音吉宅 開始時間 13時51分

經過時間	水位	CI'	經過時間	水位	CI'	經過時間	水位	CI'	經過時間	水位	CI'
m sec	cm	$\frac{g}{L}$	m sec	cm	$\frac{g}{L}$	m sec	cm	$\frac{g}{L}$	m sec	cm	$\frac{g}{L}$
0	100	1.805	200	55	1.804	1428	70		2541	95	
16	90		500	55	1.782	1603	75	1.687	2330	100	
36	80		1000	55	(40秒) 1.715	1758	80	(12分10秒) 1.687	3120	102	1.715
59	70	1.792	1100	55	(5分40秒)	2008	85	1.706			(22分30秒)
124	60	1.782	1311	65	1.705	2237	90	(15分20秒)			
					(10分50秒)						

德島縣小松島町横須

昭和24年9月14日

英 隆一宅 開始時間 15時30分

經過時間	水位	CI'	經過時間	水位	CI'	經過時間	水位	CI'	經過時間	水位	CI'
m sec	cm	$\frac{g}{L}$	m sec	cm	$\frac{g}{L}$	m sec	cm	$\frac{g}{L}$	m sec	cm	$\frac{g}{L}$
0	100	0.460	235	70		1200	59	0.228	2415	89	
23	95		315	65		1445	64	(5分) 0.228	2800	94	0.217
42	90		435		0.238	1520	63	0.234	3211	99	(18分30秒)
1 4	85		505	60		1742	74	(4分30秒)	3640	104	0.215
125	80		600	59	0.262	2055	79		4145	109	(25分18秒)
145	75	0.256	800	59	0.243	2330	84	0.249	4738	114	0.211
								(15分27秒)			(33分26秒)

德島縣小松島町横須

昭和25年9月15日

飯塚昌治宅 開始時間 9時47分

經過時間	水位	CI'	經過時間	水位	CI'	經過時間	水位	CI'	經過時間	水位	CI'
m sec	cm	$\frac{g}{L}$	m sec	cm	$\frac{g}{L}$	m sec	cm	$\frac{g}{L}$	m sec	cm	$\frac{g}{L}$
0	100	0.249	253	75		520	50	0.262	4512	69	0.226
100	95		330	70		1240	49	0.243	5520	74	(20分)
123	90	0.288	349	65	0.290	1922	54	(1分10秒)	6624	79	0.217
210	85		438	60		2743	59	0.224	9251	89	(47分)
230	80	0.282	456	55		3556	64	(13分40秒)			0.250
											(68分)

第3表 潮汐影響調査資料

別府市

No. 4 大和寮 昭和25年7月26日—27日

観測時刻	湧出量	泉温	潮位	CI'	観測時刻	湧出量	泉温	潮位	CI'
$\begin{matrix} h & m \\ 15 & 00 \end{matrix}$	$\begin{matrix} L \\ Min \end{matrix}$	C°	cm	$\frac{g}{L}$	$\begin{matrix} h & m \\ 3 & 30 \end{matrix}$	$\begin{matrix} L \\ Min \end{matrix}$	C°	cm	$\frac{g}{L}$
15 00	14.3	54.72	-40	3.11	3 30	15.75	55.06		
15 30	14.62	54.79			4 00	16.59	55.19	+40	3.198
16 00	14.91	54.98	+5	3.120	4 30	17.18	55.20		
16 30	16.92	55.04			5 00	16.82	55.23	+55	3.198
17 00	16.29	55.07	+47	3.179	5 30	18.37	55.24		
17 30	17.62	55.16			6 00	19.80	55.31	+64	3.208
18 00	17.30	55.26	+75	3.210	6 30	17.88	55.29		
18 30	16.92	55.26			7 00	17.39	55.25	+57	3.19
19 00	17.39	55.29	+92	3.220	7 30	16.02	55.21		
19 30	20.50	55.33			8 00	16.25	55.11	+38	3.18
20 00	20.62	55.39	+94	3.219	8 30	14.91	55.13		
20 30	19.03	55.37			9 00	16.42	55.08	+8	3.15
21 00	18.38	55.33	+80	3.141	9 30	15.12	54.95		
21 30	18.80	55.31			10 00	12.17	54.90	-20	3.12
22 00	18.18	55.21	+58	3.181	10 30	11.95	54.85		
22 30	17.82	55.23			11 00	10.75	54.75	-63	3.09
23 00	18.12	55.20	+32	3.208	11 30	11.52	54.73		
23 30	17.52	55.13			12 00	12.00	54.64	-65	3.05
24 00	16.84	55.11	+20	3.189	12 30	10.93	54.62		
0 30	16.13	55.10			13 00	10.11	54.44	-65	3.15
1 00	16.02	55.08	+8	3.145	13 30	12.15	54.46		
1 30	15.93	55.03			14 00	12.18	54.44	-63	2.85
2 00	16.09	55.03	+12	3.285	14 30	12.10	54.54		
2 30	14.79	55.01			15 00	13.27	54.58	-66	
3 00	16.67	55.07	+20	3.158					

別府市龜川町

No. 248.3 昭和24年 8 月12日

観測時刻	湧出量	泉温	潮位	CI'	観測時刻	湧出量	泉温	潮位	CI'
$\begin{matrix} \text{h} & \text{m} \\ \text{9} & \text{04} \end{matrix}$	$\frac{\text{L}}{\text{Min}}$	$^{\circ}\text{C}$	cm	$\frac{\text{g}}{\text{L}}$	$\begin{matrix} \text{h} & \text{m} \\ \text{13} & \text{06} \end{matrix}$	$\frac{\text{L}}{\text{Min}}$	$^{\circ}\text{C}$	cm	$\frac{\text{g}}{\text{L}}$
16		80.433	160		20	42.85	81.415	95	
20	51.8	80.65		0.620	33	40.25	81.565		0.614
36	47.6	80.35			57	81.965	82.513		
47	51.25	79.865			14 26	41.2	82.935	36	
53		79.715		0.613	31		82.955		0.609
10 15	47.2	79.625	174		45	38.59	82.975		
25	47.6	79.535		0.615	58	36.29	82.955		
42	49.23	79.565			15 30	40.35	82.955	10	0.602
11 01	50.45	79.595	160		43	41.2	82.945		
06		79.635		0.614	16 26	40.4	83.025	2	
33	51.8	79.665			56	37.38	83.055		0.607
36		79.840		0.621	17 25	33.97	83.135	6	
48	46.45	79.915			42	37.2	83.215		
12 09	47.4	80.015	140		58	34.2	83.255		
26		80.245		0.611	18 03	42.4	83.285	30	
32	51.8	80.585			22	38.65	83.375		
55	44.2	80.715			50		83.375	70	
		81.185							

徳島縣板野郡川内村小松

森 英一宅 昭和25年 9 月10日—11日

観測時間	湧出量	泉温	潮位	CI'	観測時間	湧出量	泉温	潮位	CI'
$\begin{matrix} \text{h} & \text{m} \\ \text{11} & \text{30} \end{matrix}$	$\frac{\text{L}}{\text{Min}}$	$^{\circ}\text{C}$		$\frac{\text{g}}{\text{L}}$	$\begin{matrix} \text{h} & \text{m} \\ \text{23} & \text{30} \end{matrix}$	$\frac{\text{L}}{\text{Min}}$	$^{\circ}\text{C}$		$\frac{\text{g}}{\text{L}}$
12 30	9.99	19.000	干 潮	1.798	0 30	22.2	19.002		1.803
13 30	13.2	19.000		1.805	1 30	22.2	19.001	干 潮	1.803
14 30	19.8	19.015		1.795	2 30	27.6	19.001		1.795
15 30	27.9	19.020		1.803	3 30	32.0	19.001		1.803
16 30	32.0	19.020		1.773	4 30	34.0	19.005		1.788
17 30	36.3	19.022	満 潮	1.804	5 30	37.8	19.005		1.805
18 30	35.7	19.022		1.803	6 30	36.9	19.006	満 潮	1.779
19 30	33.0	19.028		1.795	7 30	35.1	19.011		1.798
20 30	32.5	19.022		1.765	8 30	37.2	19.030		1.780
21 30	31.6	19.010		1.777	9 30	21.3	19.025		1.788
22 30	29.0	19.010		1.803	10 30	16.2	19.020		1.759
	23.7	19.005		1.805		9.15	19.000		1.761

德島縣小松島町横須

木村 功宅 昭和25年9月14日—15日

観測時刻	湧出量	潮位	CI'	観測時刻	湧出量	潮位	CI'	観測時刻	湧出量	潮位	CI'
$\begin{matrix} \text{h} & \text{m} \\ \text{Min} \end{matrix}$	$\frac{L}{\text{Min}}$	cm	$\frac{g}{L}$	$\begin{matrix} \text{h} & \text{m} \\ \text{Min} \end{matrix}$	$\frac{L}{\text{Min}}$	cm	$\frac{g}{L}$	$\begin{matrix} \text{h} & \text{m} \\ \text{Min} \end{matrix}$	$\frac{L}{\text{Min}}$	cm	$\frac{g}{L}$
14 30	33.7	-50	0.174	22 30	39.3	-9	0.165	6 30	48.0	+60	0.167
15 30	39.3	-20	0.174	24 00		-49	0.167	7 30	50.8	+69	0.157
16 30	44.0	+14	0.182	0 30	28.0	-64	0.165	8 30	48.5	+52	0.163
17 30	42.3	+50	0.168	1 30	26.6	-78	0.165	9 30	50.8	+46	0.153
18 30	54.0	+79	0.172	2 30	32.5	-58	0.161	10 30	43.7	+3	0.165
19 30	54.0	+74	0.168	3 30	36.6	-34	0.161	11 30	36.9	-26	0.161
20 30	48.0	+40	0.159	4 30	46.0	0	0.157	12 30	33.7	-44	0.159
21 30	43.2	+20	0.163	5 30	48.0	+30	0.157	13 30	30.0	-64	0.168